

粳米与籼米组合对婴幼儿米粉食用品质的影响

Effects of the combination of japonica rice and indica rice on the eating quality of rice noodles for infants

张荣彬¹ 颜景超² 高文明³

ZHANG Rong-bin¹ YAN Jing-chao² GAO Wen-ming³

戴志勇³ 李梦怡³ 任国谱¹

DAI Zhi-yong³ LI Meng-yi³ REN Guo-pu¹

(1. 中南林业科技大学食品科学与工程学院, 湖南 长沙 410004; 2. 临沂市市场监管综合服务中心, 山东 临沂 276001; 3. 英氏控股集团股份有限公司, 湖南 长沙 410000)

(1. Food Institute of Central South University of Forestry and Technology, Changsha, Hunan 410004, China; 2. Linyi Market Supervision Comprehensive Service Center, Linyi, Shandong 276001, China; 3. Engnice Holding Group Co., Ltd., Changsha, Hunan 410000, China)

摘要:研究了粳米和籼米不同搭配组合的基本理化指标、蒸煮特性、糊化特性和质构特性。结果表明,直链淀粉含量对食用品质具有重要影响。蒸煮特性上,直链淀粉含量越低,吸水率及膨胀体积越小,米汤 pH、碘显色值和干物质含量越高,蒸煮及冲调性越好;糊化特性上,直链淀粉含量越低,峰值黏度和崩解值越高,回复值及衰减值越低,口感越好;质构特性上,直链淀粉含量越低,硬度和胶黏性越低,凝聚性、回复性及弹性越高,食用品质越高。因此,在不考虑其他辅料的影响下,只使用东北珍珠米可以使婴幼儿米粉获得更好的口感和食用品质。

关键词:婴幼儿米粉;蒸煮特性;糊化特性;质构特性;粳米;籼米

Abstract: The basic physical and chemical indexes, cooking characteristics, gelatinization characteristics and texture characteristics of different combinations of japonica rice and indica rice were studied. The results showed that the content of amylose had an important influence on food quality. In terms of cooking characteristics, the lower the amylose content and the smaller the water absorption and expansion volume was, the higher the rice soup pH, the rice soup iodine color value and the rice soup dry matter content would be, and the better the cooking and brewing properties was. In terms of gelatinization characteristics, the lower the amylose content was, the higher the peak viscosity and

disintegration value was; the lower the recovery value and the attenuation value was, the better taste would be achieved. In terms of texture characteristics, the lower the amylose content was, the hardness and viscosity was; the higher the cohesion, recovery and elasticity was, the higher eating quality would be. Therefore, regardless of the influence of other auxiliary materials, using only the North-east pearl rice could make the infant rice noodles have better taste and eating quality.

Keywords: infant rice noodles; cooking characteristics; gelatinization characteristics; texture characteristics; japonica rice; indica rice

大米主要分为粳米、籼米和糯米 3 类,含有丰富的碳水化合物,以及蛋白质、脂肪及 B 族维生素等,可作为补充营养素的基础食物,且常被用于婴儿辅助饮食,如奶粉,因为其能促使奶粉中的酪蛋白形成疏松柔软的小凝块,使之更易消化吸收,且具有补脾、和胃、清肺功效。婴儿米粉采用大米为主原料,额外添加水果、蔬菜、肉类等,经多重工序加工,且加工过程通常进行矿物质营养和维生素强化,适于作为 6 月龄以上婴儿和幼儿的谷物辅助食品^[1]。

大米作为婴幼儿米粉中最重要的原料,其基本成分、蒸煮特性、糊化特性和质构特性对婴幼儿米粉的冲调性、黏度、糊口性、细腻程度等食用品质有很大影响^[2-3]。目前有关婴幼儿米粉的报道主要集中在污染物的研究^[4-6]、配方的设计^[7]、工艺的改进^[8-10]以及加工过程中营养成分的损失^[11]等方面,对于粳米和籼米搭配使用是否能获得更优食用品质的米粉尚未见报道。试验拟研究粳米和籼米组合的理化性质、蒸煮特性、糊化特性和质构

作者简介:张荣彬,男,中南林业科技大学在读硕士研究生。

通信作者:颜景超(1987—),男,临沂市市场监管综合服务中心工程师,硕士。E-mail: yanjingchao2253@163.com

收稿日期:2020-10-18

特性之间的相关性,确定其最佳搭配比例,从而获得更适合婴幼儿的米粉的大米搭配,为高质量婴幼儿米粉的研发和生产提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

东北珍珠米:黑龙江省宝泉岭农垦山林粮食加工有限责任公司;

三特粳米:江苏农垦米业集团有限公司。

1.2 仪器与设备

全自动凯氏定氮仪:K-375 型,上海沃珑仪器有限公司;

台式低速离心机:LD5-10 型,北京京立离心机有限公司;

紫外可见分光光度计:UV1800 型,日本岛津公司;

快速黏度分析仪:Super-4 型,波通瑞华科学仪器有限公司;

质构仪:TA-XT2 型,英国 Stable Micro System 公司。

1.3 方法

1.3.1 样品制备 粳米与籼米经筛选除杂,选择 $m_{\text{籼米}}$: $m_{\text{粳米}}$ 为 10 : 0, 9 : 1, 8 : 2, 7 : 3, 6 : 4, 5 : 5, 4 : 6, 3 : 7, 2 : 8, 1 : 9, 0 : 10 进行组合。

1.3.2 基本理化指标含量测定

(1) 水分:按 GB 5009.3—2016 执行。

(2) 蛋白质:按 GB 5009.5—2016 执行。

(3) 脂肪:按 GB 5009.6—2016 执行。

(4) 直链淀粉:按 GB/T 15683—2008 执行。

1.3.3 蒸煮特性测定

(1) 大米吸水率:根据文献[12]并修改。取 200 mL 烧杯和圆柱形金属笼,烧杯中倒入约 180 mL 的蒸馏水,圆柱形笼中放入 10 g 大米,将水浴锅升温至 100 ℃,蒸煮烧杯中的圆柱形笼 30 min,沥干米汤 2 min,称量米饭质量,并按式(1)计算大米吸水率。

$$C = \frac{m_1}{m_2} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

C ——大米吸水率,%;

m_1 ——蒸煮后米饭质量,g;

m_2 ——原料大米质量,g。

(2) 米饭膨胀体积:采用排水法测定大米蒸煮前后体积,按式(2)计算米饭膨胀体积。

$$V = V_1 - V_2, \quad (2)$$

式中:

V ——米饭膨胀体积, cm^3 ;

V_1 ——蒸煮后米饭体积, cm^3 ;

V_2 ——原料大米体积, cm^3 。

(3) 米汤 pH 值:将米饭吸水率测定中所得米汤盛放于烧杯中,冷却,用 pH 检测仪测量其 pH 值。

(4) 米汤干物质含量:将经 pH 检测仪测定后的米汤全部转移至 200 mL 容量瓶中,定容,取 10 mL 于玻璃称量皿,105 ℃干燥 1 h,得干物质质量。按式(3)计算米汤干物质含量。

$$M = \frac{m_3 \times 200}{m_2 \times 10}, \quad (3)$$

式中:

M ——米饭干物质质量,mg/g;

m_3 ——干物质质量,mg;

m_2 ——大米质量,g。

(5) 米汤碘显色值:根据文献[13]对米汤碘显色值进行测定。

1.3.4 糊化特性测定 根据文献[14]的方法测定米粉的峰值黏度、谷值黏度、崩解值、最终黏度、衰减值、回复值及糊化温度。

1.3.5 质构特性测定 根据文献[15]的方法测定米粉的硬度、弹性、凝聚性、胶黏性、咀嚼性及回复性。采用 TPA 测试模式,P/36 探头,测前速度 5 mm/s,测中速度 1 mm/s,测后速度 5 mm/s,触发力 5 g,数据采集率 200 pps,50%变形量,保持 5 s。

1.3.6 数据处理 所有试验平行 3 次,结果以平均值±标准差表示。采用 SPSS 20.0 软件和 Excel 软件对试验数据进行分析 and 处理。

2 结果与分析

2.1 基本组分分析

由表 1 可知,不同种类的大米其基本理化指标含量存在一定的差异,东北珍珠米的蛋白质、直链淀粉和灰分含量低于三特粳米,其差值分别为 0.40%,6.02%,0.04%;东北珍珠米的脂肪和水分含量略高于三特粳米,其差值分别为 0.20%和 4.00%。

2.2 粳米与籼米组合对蒸煮特性的影响

吸水率和膨胀体积是大米蒸煮特性最重要指标,且与煮饭时间息息相关。由表 2 可知,当 $m_{\text{籼米}}$: $m_{\text{粳米}}$ 为 10 : 0 时,吸水率和膨胀体积分别为 $(340.12 \pm 4.08)\%$ 、 $(28.34 \pm 0.28) \text{ cm}^3$;当 $m_{\text{籼米}}$: $m_{\text{粳米}}$ 为 5 : 5 时,吸水率和膨胀体积分别为 $(324.72 \pm 3.21)\%$ 、 $(24.68 \pm 0.12) \text{ cm}^3$;当 $m_{\text{籼米}}$: $m_{\text{粳米}}$ 为 0 : 10 时,吸水率和膨胀体积分别为 $(305.75 \pm 3.21)\%$ 、 $(20.57 \pm 0.27) \text{ cm}^3$,说明随着三特粳米占比的减少,吸水率和膨胀体积逐渐下降。米汤 pH 为米饭滋味好坏的重要指标,随三特粳米占比的减少而升高,从 5.20 ± 0.02 增加至 7.20 ± 0.04 ,增加了 38.46%,而米汤 pH 含量影响因素主要为直链淀粉和脂肪酸值^[16-17],因此三特粳米占比的减少导致直链淀粉含量降低,故 pH 升高。米汤碘显色值表征米汤中可溶性直链淀

表 1 粳米和籼米的基本理化指标

Table 1 Basic physical and chemical indexes of japonica rice and indica rice %

品名	蛋白质	直链淀粉	脂肪	水分	灰分
东北珍珠米	7.80±0.08	18.03±0.08	0.90±0.02	13.60±0.03	0.27±0.003
三特籼米	8.20±0.06	24.05±0.14	0.70±0.01	9.60±0.04	0.31±0.006

表 2 粳米与籼米组合对蒸煮特性的影响

Table 2 The effect of the combination of japonica rice and indica rice on cooking characteristics

$m_{\text{籼米}}:m_{\text{粳米}}$	吸水率/%	膨胀体积/ cm^3	米汤 pH	米汤碘显色值	米汤干物质含量/ $(\text{mg}\cdot\text{g}^{-1})$
10:0	340.12±4.08	28.34±0.28	5.20±0.02	0.065±0.004	1.01±0.02
9:1	337.86±6.25	27.67±0.54	5.50±0.03	0.068±0.002	1.22±0.03
8:2	331.65±5.22	26.13±0.88	5.70±0.01	0.067±0.004	1.17±0.04
7:3	330.79±3.75	25.78±0.46	5.70±0.06	0.069±0.002	1.21±0.03
6:4	328.84±2.68	24.93±0.71	6.20±0.05	0.071±0.006	1.32±0.02
5:5	324.72±3.21	24.68±0.12	6.90±0.04	0.070±0.001	1.55±0.06
4:6	319.56±5.61	24.31±0.33	6.70±0.05	0.071±0.001	1.52±0.04
3:7	318.21±4.65	23.63±0.15	6.70±0.01	0.075±0.008	1.64±0.08
2:8	310.51±3.20	22.49±0.23	6.90±0.05	0.074±0.009	1.91±0.04
1:9	308.48±1.22	21.39±0.55	6.80±0.05	0.080±0.006	2.11±0.06
0:10	305.75±3.21	20.57±0.27	7.20±0.04	0.083±0.004	2.09±0.02

粉浓度^[18],随东北珍珠米占比的增加而增加,从 0.065±0.004 增加至 0.083±0.004,增加了 27.69%。米汤干物质含量表征光泽与黏度,随着东北珍珠米占比的增加,米汤干物质含量从 1.01±0.02 增加至 2.09±0.02,升高了 106.9%。

由表 3 可知,吸水率与直链淀粉含量呈极显著正相关($P<0.01$),与蛋白质含量呈显著正相关($P<0.05$),与水分、脂肪含量呈负相关。吸水率与大米的直链淀粉含量有关,直链淀粉对淀粉凝胶化作用具有直接影响,直链淀粉含量越高,凝胶化越强,从而能更好地保护自身结构性质^[19],三特籼米占比的减少降低了样品组合的直链淀粉含量,导致其吸水率降低。膨胀体积与直链淀粉含量和蛋白质含量呈显著正相关($P<0.05$),与水分、脂肪含量呈负相关。蒸煮过程中,直链淀粉含量影响大米的吸水率和体积膨胀的程度,直链淀粉含量越高,吸水率及膨胀体积越大^[20-21],因此三特籼米占比的减少导致直链淀

粉含量降低,故样品的膨胀体积变小。米汤 pH 与水分、脂肪含量呈正相关,与蛋白质、直链淀粉含量呈负相关。米汤碘显色值随三特籼米占比的减少导致可溶性直链淀粉含量降低,因此米汤碘显色值升高。米汤干物质含量与蛋白质有关,因为米汤中蛋白质为非水溶性蛋白质,非水溶性蛋白质越高,米汤干物质含量越低,所以米汤干物质含量随三特籼米占比的减少而升高。

2.3 粳米与籼米组合对糊化特性的影响

糊化特性与米粉口感、食用品质息息相关。由表 4 可知,随着三特籼米添加量的减少,峰值黏度和崩解值逐渐增加,衰减值、回复值和糊化温度逐渐减小,而最终黏度变化不大。

由表 5 可知,峰值黏度与直链淀粉、蛋白质含量呈显著负相关($P<0.05$),因为蛋白质会使淀粉颗粒吸水膨胀,也可能是随着加热时间的延长,蛋白质发生变性,使蛋白质表面受体蛋白与水作用能力变低。回复值与直链

表 3 基本理化指标与蒸煮特性之间的相关性[†]

Table 3 Correlation between basic physical and chemical indicators and cooking characteristics

项目	吸水率	膨胀体积	米汤 pH	米汤碘显色值	米汤干物质含量
水分	-0.993	-0.988	0.935	0.935	0.978
脂肪	-0.984	-0.978	0.956	0.921	0.964
蛋白质	0.981*	0.973*	-0.943	-0.902	-0.952
直链淀粉	0.994**	0.989*	-0.933	-0.939	-0.973

[†] * 表示差异显著($P<0.05$); ** 表示差异极显著($P<0.01$)。

表 4 粳米与籼米组合对糊化特性的影响

Table 4 Effect of the combination of japonica rice and indica rice on gelatinization characteristics

$m_{\text{籼米}} : m_{\text{粳米}}$	峰值黏度/cP	谷值黏度/cP	崩解值/cP	最终黏度/cP	衰减值/cP	回复值/cP	糊化温度/℃
10 : 0	2 546±8	1 501±7	1 045±11	3 124±18	578±2	1 669±4	84.3±0.1
9 : 1	2 557±10	1 553±8	1 004±7	3 215±2	658±8	1 662±9	84.3±0.3
8 : 2	2 602±7	1 483±1	1 119±11	3 067±5	465±7	1 584±5	83.3±0.2
7 : 3	2 454±5	1 494±2	960±3	3 041±4	587±9	1 547±3	85.1±0.5
6 : 4	2 679±11	1 489±5	1 190±5	3 029±7	350±3	1 540±5	83.4±0.7
5 : 5	2 752±3	1 618±7	1 135±10	3 184±15	432±2	1 567±6	76.3±0.9
4 : 6	2 850±2	1 631±9	1 219±1	3 192±9	342±1	1 561±12	75.0±0.2
3 : 7	2 852±8	1 652±1	1 200±4	3 135±8	283±5	1 483±8	75.1±0.4
2 : 8	2 930±13	1 718±4	1 212±6	3 224±4	294±7	1 506±3	74.2±0.3
1 : 9	2 921±9	1 698±9	1 223±6	3 240±2	319±4	1 542±11	74.3±0.6
0 : 10	2 950±8	1 717±3	1 233±11	3 157±14	207±3	1 440±2	73.3±0.1

淀粉含量呈正相关^[22-25],其值反映了米粉糊化后老化的快慢和蒸煮时食用品质的优劣,因为籼米的直链淀粉含量较高,食用品质较差^[26],并且直链淀粉分子间容易相互结合,产生分子间作用力形成氢键,使淀粉凝胶性增强。衰减值与淀粉糊稳定性有关,其含量越高稳定性越差^[27]。崩解值与淀粉耐剪切力有关,Isono 等^[28]研究发现,崩解值与食用品质息息相关,崩解值越大食用品质越高。因此,通过快速黏度测定仪分析食用品质较好的大米,首先要有较高的峰值黏度、崩解值,和较低的衰减值、回复值。

糊化温度与直链淀粉、蛋白质含量呈正相关,与水分呈显著负相关,糊化温度越低,淀粉热糊稳定性越强,冷却形成的凝胶强度越大,回生能力越强。所以当 $m_{\text{籼米}} : m_{\text{粳米}}$ 为 0 : 10 时更易糊化,食用品质更高^[29]。即在不考虑其他辅料的影响下,只使用东北珍珠米可以获得更好的米粉口感和食用品质。

2.4 粳米与籼米组合对质构特性的影响

由表 6 可知,随着三特籼米添加量的减少,米粉的硬度和胶黏性不断降低,硬度从 2 010±8 下降至 1 023±1,

表 5 基本理化指标与糊化特性间的相关性[†]

Table 5 Correlation between basic physical and chemical indexes and gelatinization properties

项目	峰值黏度	谷值黏度	崩解值	最终黏度	衰减值	回复值	糊化温度
水分	0.920	0.902	0.799	0.476	-0.877	-0.843	-0.911
脂肪	0.918	0.908	0.787	0.463	-0.880	-0.867	-0.925
蛋白质	-0.914 *	-0.885	-0.804	-0.454	0.881	0.860	0.908
直链淀粉	-0.926 *	-0.899	-0.812	-0.455	0.895	0.856	0.917

[†] * 表示差异显著(P<0.05); * * 表示差异极显著(P<0.01)。

表 6 粳米与籼米组合对质构特性的影响

Table 6 The effect of the combination of japonica rice and indica rice on texture properties

$m_{\text{籼米}} : m_{\text{粳米}}$	硬度/g	凝聚性	胶黏性/(g · s ⁻¹)	回复性	咀嚼性/g	弹性
10 : 0	2 010±8	0.46±0.02	750±13	0.20±0.01	475±21	0.66±0.04
9 : 1	1 886±2	0.38±0.02	715±15	0.18±0.02	412±10	0.58±0.03
8 : 2	1 765±10	0.39±0.02	708±10	0.13±0.01	376±3	0.63±0.02
7 : 3	1 697±5	0.37±0.01	668±5	0.16±0.02	398±5	0.57±0.01
6 : 4	1 621±7	0.35±0.02	620±7	0.19±0.01	400±7	0.55±0.05
5 : 5	1 572±7	0.36±0.01	600±18	0.15±0.02	387±2	0.53±0.01
4 : 6	1 556±12	0.38±0.02	570±8	0.17±0.01	343±9	0.58±0.02
3 : 7	1 421±10	0.41±0.01	521±9	0.22±0.03	356±4	0.61±0.03
2 : 8	1 219±6	0.42±0.03	486±11	0.18±0.03	357±14	0.57±0.03
1 : 9	1 168±2	0.39±0.02	472±15	0.21±0.01	378±3	0.59±0.02
0 : 10	1 023±1	0.37±0.01	460±11	0.15±0.02	319±13	0.56±0.01

下降幅度达 49.31%，胶黏性从 750 ± 13 下降至 460 ± 11 ，下降幅度为 38.67%。随着三特粳米添加量的减少，凝聚性、回复性和弹性呈波动下降。

由表 7 可知，硬度与蛋白质、直链淀粉呈显著正相关 ($P < 0.05$)，与水分、脂肪含量呈显著负相关 ($P < 0.05$)，脂肪含量升高会降低淀粉的糊化膨胀速度，从而降低吸水率^[30]，三特粳米的添加量减少使大米组合中脂肪含量增高，硬度变低。周显青等^[19]研究证明，当淀粉与蛋白质存在时，两者会紧密结合从而增加大米自身硬度，所以蛋白质与直链淀粉含量的减少会使硬度降低。胶黏性与水分、脂肪含量呈显著负相关 ($P < 0.05$)，与蛋白质含量呈

显著正相关 ($P < 0.05$)，与直链淀粉含量呈极显著正相关 ($P < 0.01$)，胶黏性是硬度和凝聚性的关联，代表了淀粉分子间相互作用力的大小^[31]，三特粳米的添加量减少降低了硬度与直链淀粉含量，导致其胶黏性降低。凝聚性、回复性和弹性与水分、脂肪含量呈显著负相关 ($P < 0.05$)，与蛋白质和直链淀粉含量呈正相关，当米粒自身蛋白质含量高时，蛋白质之间会相互紧密结合，压缩淀粉颗粒间的空隙，此外淀粉颗粒的吸水能力因蛋白质的存在而受到限制，导致淀粉吸水速率和吸水量下降^[32]，因此随着三特粳米的添加量减少，蛋白质与直链淀粉含量的降低导致其凝聚性、回复性和弹性降低。

表 7 基本理化指标与质构特性间的相关性[†]

Table 7 Correlation between basic physical and chemical indicators and texture properties

项目	硬度	凝聚性	胶黏性	回复性	咀嚼性	弹性
水分	-0.986 *	-0.220	-0.990 *	0.115	-0.813	-0.448
脂肪	-0.978 *	-0.228	-0.990 *	0.100	-0.827	-0.479
蛋白质	0.970 *	0.265	0.986 *	-0.105	0.859	0.476
直链淀粉	0.985 *	0.188	0.991 **	-0.129	0.810	0.409

† * 表示差异显著 ($P < 0.05$)；** 表示差异极显著 ($P < 0.01$)。

3 结论

通过对粳米和籼米进行不同搭配组合，研究其基本理化指标、蒸煮特性、糊化特性和质构特性。结果表明，直链淀粉含量与吸水率、胶黏性呈极显著正相关 ($P < 0.01$)，与膨胀体积、硬度呈显著正相关 ($P < 0.05$)，与回复值、糊化温度、凝聚性、回复性和弹性呈正相关，与峰值黏度呈显著负相关 ($P < 0.05$)，与米汤 pH、碘显色值和干物质含量呈负相关。

蒸煮特性中，吸水率和膨胀体积是大米蒸煮品质最重要指标，直链淀粉含量越高，吸水率及膨胀体积越大，因此三特粳米占比的减少导致直链淀粉含量降低，吸水率和膨胀体积变低，蒸煮品质与冲调性变优。糊化特性与米粉口感、食用品质相关，回复值与峰值黏度的比值越小口感越好，大米的组合中当 $m_{\text{籼米}} : m_{\text{粳米}}$ 为 0 : 10 时，回复值与峰值黏度的比值最小口感最好。质构特性上，直链淀粉含量越高，硬度、胶黏性、凝聚性、回复性和弹性越高，因此三特粳米占比的减少导致直链淀粉含量降低，硬度、胶黏性、凝聚性、回复性和弹性降低。综上，在不考虑其他配料影响下，只使用东北珍珠米能获得更好食用品质的婴幼儿米粉。研究只对粳米与籼米组合与婴幼儿米粉食用品质相关性进行了研究，未对粳米与籼米组合的表观物理品质及其制得米饭的气味特性进行测定，可在后期试验中予以解决。

参考文献

[1] 秦奉达, 钱锋, 陈义保, 等. 酶解工艺生产米粉的酶解效果

研究[J]. 食品研究与开发, 2013(8): 24-27.
 [2] 孙忠伟, 李春杰, 邵景海, 等. 婴幼儿营养米粉量化冲调方法的研究[J]. 中国食品工业, 2008(7): 62-64.
 [3] 张玉荣, 王学锋, 周显青, 等. 米饭食味综合评价方法研究[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2014, 35(1): 20-25.
 [4] MARTA H, NOEMI B, JUAN J C, et al. Occurrence and exposure assessment of aflatoxins and deoxynivalenol in cereal-based baby foods for infants[J]. Toxins, 2019, 11(3): 2 072-2 085.
 [5] LU Chen-fang, WEN Ming, LI Xiao-dong, et al. A simple aptamer-based fluorescent assay for the detection of Aflatoxin B₁ in infant rice cereal[J]. Food Chemistry, 2017, 215: 377-382.
 [6] CUI Wen-bin, LIU Guang-liang, BEZERRA M, et al. Occurrence of methylmercury in rice-based infant cereals and estimation of daily dietary intake of methylmercury for infants[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2017, 65(44): 9 569-9 578.
 [7] 李忠海, 李安平. 婴儿营养米粉配方的优化设计[J]. 中南林学院学报, 2001(1): 54-57.
 [8] ALLO M, MADY C, DESSOR F R, et al. Formulation of infant food based on local cereals: Stability and effects on cognitive development[J]. Nutrition & Food Sciences, 2013, 3(4): 1-9.
 [9] 陆东和, 陈慎, 黄颖颖, 等. 婴幼儿米粉复合酶解技术研究[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(29): 66-70.
 [10] 袁如英, 韩飞, 黄荣和. 滚筒干燥结合酶法生产婴幼儿米粉的工艺研究[J]. 现代食品, 2018(11): 187-189.

- [11] 吕倩, 邓泽新, 吴颖, 等. 婴幼儿营养米粉加工过程中营养素损耗研究[J]. 粮食与饲料工业, 2018(8): 7-9, 17.
- [12] 包清彬. 日本大米食味理化测定[J]. 食品科技, 2006(2): 83-86.
- [13] 李少寅, 舒在习. 米汤碘蓝值测定条件的探讨[J]. 粮食与饲料工业, 2014(4): 5-7.
- [14] 江帆. RVA 仪分析不同添加物对大米粉糊化特性的影响[J]. 食品研究与开发, 2013, 34(8): 74-77.
- [15] 郎凯红. 大米凝胶特性的评价与检测[D]. 郑州: 河南工业大学, 2012: 16-18.
- [16] 夏凡, 董月, 朱蕾, 等. 大米理化性质与其食用品质相关性研究[J]. 粮食科技与经济, 2018, 43(5): 100-107.
- [17] 吴伟, 李彤, 蔡勇建, 等. 三种稻米在贮藏过程中蒸煮特性变化的比较[J]. 食品与机械, 2014, 30(3): 122-126.
- [18] TRAN T U, SUZUKI K, OKADOME H, et al. Detection of changes in taste of japonica and indica brown and milled rice during storage using physicochemical analyses and a taste sensing system[J]. Journal of Agricultural and Chemistry, 2005, 53(4): 1108-1118.
- [19] 周显青, 祝方清, 张玉荣, 等. 不同储藏年限稻谷的蒸煮特性及其米饭的食味和质构特性分析[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2020, 41(1): 96-103.
- [20] 程威威, 吴跃, 周婷, 等. 发芽糙米蒸煮食用品质相关性研究[J]. 粮食与油脂, 2014, 27(3): 39-44.
- [21] LELOUP V M, COLONNA P, BUELON A. Influence of amylose-amylopectin ratio on gel properties[J]. J Cereal Science, 1991, 13: 1-13.
- [22] 李安平, 蒋雅茜, 周玉杰, 等. 米糠膳食纤维对大米淀粉糊化特性的影响[J]. 江西农业大学学报, 2015, 37(4): 725-732.
- [23] KONG Xiang-li, ZHU Ping, SUI Zhong-quan, et al. Physicochemical properties of starches from diverse rice cultivars varying in apparent amylase content and gelatinisation temperature combinations[J]. Food Chemistry, 2015, 172: 433-440.
- [24] TONG Chuan, CHEN Ya-ling, TANG Fu-fu, et al. Genetic diversity of amylase content and RVA pasting parameters in 20 rice accessions grown in Hainan, China[J]. Food Chemistry, 2014, 161: 239-245.
- [25] JANG E H, LEE S J, HONG J Y, et al. Correlation between physicochemical properties of japonica and indica rice starches[J]. LWT-Food Science and Technology, 2016, 66(3): 530-537.
- [26] 赵思明, 熊善柏, 俞兰苓. 稻米淀粉糊老化动力学研究[J]. 农业工程学报, 2003, 19(1): 37-39.
- [27] 廖卢艳, 吴卫国. 不同淀粉糊化及凝胶特性与粉条品质的关系[J]. 农业工程学报, 2014, 30(15): 332-338.
- [28] ISONO H, OHTSUBO K, IWASAKI T, et al. Eating quality of domestic and foreign rices of various varieties and characteristics[J]. Journal of the Japanese Society of Food Science and Technology-Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi, 1994, 41: 485-492.
- [29] 陈新峰, 徐龙, 钱锋, 等. 基于快速黏度分析仪评价婴幼儿营养米粉品质[J]. 浙江农业科学, 2016, 57(8): 1260-1263.
- [30] 王鹏跃, 路兴花, 庞林江. 影响米饭质构特性和感官的关键理化因素分析[J]. 食品工业科技, 2016, 37(2): 119-124.
- [31] 詹耀. 超高压处理对糙米物性品质的影响研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2014: 20-27.
- [32] 李苏红, 宋媛媛, 董墨思, 等. 大米理化特性与食味品质的相关性分析[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(23): 26-31.

(上接第 160 页)

- [2] 曾宛俊, 吴俊杭, 马本学, 等. 基于帧间路径搜索和 E-CNN 的红枣定位与缺陷检测[J]. 农业机械学报, 2019, 50(2): 307-314.
- [3] 海潮, 赵凤霞, 孙烁. 基于 Blob 分析的红枣表面缺陷在线检测技术[J]. 食品与机械, 2018, 34(1): 126-129.
- [4] 王春普, 文怀兴, 王俊杰. 基于机器视觉的大枣表面缺陷检测[J]. 食品与机械, 2019, 35(7): 168-171.
- [5] 范雪莉, 冯海泓, 原猛. 基于互信息的主成分分析特征选择算法[J]. 控制与决策, 2013, 28(6): 915-919.
- [6] 夏永泉, 李耀斌, 李晨. 基于图像处理技术的小麦叶部病害识别研究[J]. 科技通报, 2016, 32(4): 92-95.
- [7] 韩丁, 武佩, 张强, 等. 基于颜色矩的典型草原牧草特征提取与图像识别[J]. 农业工程学报, 2016, 32(23): 168-175.
- [8] STRICKER A M A, ORENGO M. Similarity of color images[J]. Proceedings of SPIE-the International Society for Optical Engineering, 1970, 2420: 381-392.
- [9] TAN Jia-xing, GAO Yong-feng, LIANG Zheng-rong, et al. 3D-GLCM CNN: A 3-dimensional gray-level co-occurrence matrix-based CNN model for polyp classification via CT colonography[J]. IEEE Transactions on Medical Imaging, 2020, 39(6): 2013-2024.
- [10] 李康顺, 李凯, 张文生. 一种基于改进 BP 神经网络的 PCA 人脸识别算法[J]. 计算机应用与软件, 2014, 31(1): 158-161.
- [11] XU Li-xiang, WANG Xiao-feng, BAI Lu, et al. Probabilistic SVM classifier ensemble selection based on GMD H-type neural network[J]. Pattern Recognition, 2020, 106: 107373.
- [12] 唐发明, 王仲东, 陈绵云. 支持向量机多类分类算法研究[J]. 控制与决策, 2005(7): 746-749, 754.
- [13] HSU Chih-wei, LIN Chih-jen. A comparison of methods for multiclass support vector machines[J]. IEEE Transactions on Neural Networks, 2002, 13(2): 415-425.
- [14] TOMAR D, AGARWAL S. A comparison on multiclass classification methods based on least squares twin support vector machine[J]. Knowledge Based Systems, 2015, 81: 131-147.